

10 / 559866

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



**Prioritätsbescheinigung
DE 103 26 426.4
über die Einreichung einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 103 26 426.4

Anmeldetag: 10. Juni 2003

Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München/DE

Bezeichnung: Verfahren zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit einer Anlage zur Ausführung eines industriellen Prozesses

IPC: G 05 B, D 21 F

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 7. Juni 2006
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Stremme

Beschreibung

Verfahren zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit einer Anlage
zur Ausführung eines industriellen Prozesses

5

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit einer Anlage zur Ausführung eines industriellen Prozesses

- 10 Eine Leistungserhöhung einer Anlage zur Ausführung eines industriellen Prozesses, z.B. eines Prozesses mit durchlaufenden Warenbahnen wie bei der Herstellung von Papier, Textilien, Kunststoff- oder Metallfolien, um wenige Prozentpunkte führt in der Regel zu einer überproportional hohen Steigerung
15 des Ertrages für den Betreiber der Anlage. Erfahrungsgemäß spielt hierbei das Antriebssystem oft eine vorrangige Rolle.

Wenn ein Maschinenteil für eine in der Anlage enthaltene Maschine oder ein komplettes Anlagenteil für eine solche Anlage
20 ausgelegt wird, werden die meisten Teile auf der Basis ähnlicher Maschinen oder Anlagenteile unter Berücksichtigung einiger Leistungsreserven ausgelegt. Unter den in der Anlage vorliegenden Betriebsbedingungen sind die Belastungen der Maschine oder des Anlagenteils allerdings meist unterschiedlich zu den in den bisher bekannten, ähnlichen Anlagen. Es ist somit nicht möglich, eine sichere Aussage darüber zu treffen, welche Leistungserhöhung in der Anlage möglich ist, ohne ein oder mehrere Teile der Anlage zu überlasten.

- 30 Maßnahmen zur Leistungserhöhung in solchen Anlagen, insbesondere in komplexen Anlagen wie z.B. zur Ausführung kontinuirlicher Prozesse zur Herstellung von Warenbahnen, beruhen bisher immer auf punktuellen Betrachtungen der Anlage und entbehren deshalb in der Regel einer langfristigen Nachhaltigkeit.
35

Es ist deshalb Aufgabe vorliegender Erfindung ein Verfahren anzugeben, welches eine wirtschaftliche und nachhaltige Erhöhung der Leistungsfähigkeit einer Anlage ermöglicht.

- 5 Die Lösung dieser Aufgabe gelingt erfindungsgemäß durch ein Verfahren gemäß Patentanspruch 1. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sind jeweils Gegenstand der Unteransprüche 2 bis 8.
- 10 Aufgrund der erfindungsgemäß vorgesehene Ermittlung der für die Leistungsfähigkeit der Anlage relevanten Prozessgrößen und deren Erfassung bei wechselnden Betriebsbedingungen ist eine umfassende Berücksichtigung sämtlicher, die Leistung der Anlage begrenzenden, Einflussfaktoren unter Berücksichtigung 15 sämtlicher Betriebsprofile der Anlage gewährleistet. Es wird somit vermieden, dass nur punktuell einige Aspekte der Anlage, wie z.B. das Antriebssystem, unter einigen speziellen Betriebsbedingungen betrachtet werden, dagegen andere für die Leistungsfähigkeit maßgebende Faktoren und Betriebsbedingungen 20 aber nicht berücksichtigt werden. Als Ergebnis ist hierdurch nicht nur eine kurzfristige, sondern eine nachhaltige Erhöhung der Leistungsfähigkeit möglich.

Die geringste Regelreserve sämtlicher Regelkreise bestimmt die ohne weitere Maßnahmen erreichbare Leistungserhöhung. Es ist somit gewährleistet, dass zuerst die Erschließung der vorhandenen Leistungsreserven überprüft und diese Reserven gegebenenfalls erschlossen werden. Dies stellt die unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten am günstigsten erreichbare 30 Leistungserhöhung dar.

Falls mit zusätzlichen Maßnahmen eine über die vorhandene Leistungsreserve hinausgehende Leistungserhöhung angestrebt wird, kann dies dadurch erfolgen, dass eine angestrebte Leistungserhöhung der Anlage definiert wird, die für die angestrebte Leistungserhöhung notwendigen Regelreserven in den Regelkreisen der Anlage bestimmt werden und die Regelkreise 35

3

mit einer für die angestrebte Leistungserhöhung zu geringen Regelreserve ermittelt werden.

Aus der Anzahl der Regelkreise mit zu geringer Regelreserve
5 ist bereits ersichtlich, welcher Aufwand für weitere Untersuchungen und möglicherweise auch für die Implementierung von Maßnahmen zur Leistungserhöhung notwendig sein wird. Bei einer hohen Anzahl von Regelkreisen kann u.U. entschieden werden, eine geringere Leistungserhöhung zu definieren, so nur
10 für die entsprechend geringere Anzahl von Regelkreisen die weitere Untersuchungen notwendig sind.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung erfolgt in weiteren Schritten ein technisches und/oder technologisches Untersuchen der Regelkreise mit zu geringer Regelreserve und Erarbeiten von Maßnahmen zur Herstellung der jeweilig benötigten Regelreserven durch Entlastung der jeweiligen Regelkreise und/oder durch Ersetzen von Komponenten in den jeweiligen Regelkreisen durch leistungsfähigere Komponenten

20 Diese Maßnahmen können abschließend technisch und/oder betriebswirtschaftlich bewertet werden. Anhand dieser Bewertung kann der Entscheidungsprozess für die Implementierung der Verbesserungsmaßnahmen vereinfacht und eine unter Kosten/Nutzen-Gesichtspunkten optimale Lösung für den Betreiber der Anlage gefunden werden.

Insgesamt stellt die Abfolge der vorgenannten Schritte sicher, dass die Punkte vorrangig behandelt werden, bei denen
30 das höchste Verbesserungspotential besteht bzw. die Wirtschaftlichkeit einer Umsetzung am höchsten ist. Zugleich erlaubt diese Vorgehen die wirtschaftliche Erschließung vorhandener Leistungsreserven auch bei hoher Komplexität einer Anlage.

4

Die Relevanz einer Prozeßgröße für die Leistungsfähigkeit der Anlage wird bevorzugt dadurch ermittelt wird, dass die durch die Prozeßgröße repräsentierte Anlagenkomponente von der Anlage getrennt und durch eine äquivalente Kraft oder einen äquivalenten physikalischen Effekt ersetzt wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich besonders vorteilhaft zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit bei einer Anlage zur Ausführung eines kontinuierlichen Prozesses, insbesondere eines Prozesses zu Herstellung von durchlaufenden Warenbahnen, z.B. Papier, Textilien, Kunststoff- oder Metallfolien. Die Leistungsfähigkeit einer solchen Anlage wird bevorzugt durch die Geschwindigkeit der Warenbahn bestimmt.

15 Die Erfindung sowie weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung gemäß den Merkmalen der Unteransprüche werden im folgenden anhand von Ausführungsbeispielen in den Figuren näher erläutert. Darin zeigen:

20 FIG 1 eine Erfassung von Prozessgrößen bei einer Anlage zur Papierherstellung

FIG 2 eine Darstellung eines erfindungsgemäßen Verfahrensablaufes anhand eines Ablaufdiagramms

25 FIG 3 eine Darstellung zur Erläuterung der Bestimmung der Relevanz einer Prozeßgröße für die Leistungsfähigkeit einer Anlage

30 FIG 4 ein Maschinengeschwindigkeit/Drehmoment-Diagramm für die Bestimmung der Regelreserve bei einem Antriebsmotor

35 FIG 5 die Bestimmung der Regelreserve der Antriebskomponente von FIG 4

Die FIG 1 zeigt eine Anlage 1 zur Herstellung von Papier. Die Anlage 1 umfasst verschiedenste Anlagenteile, die für die verschiedenen Schritte im Herstellungsprozess für Papier benötigt werden, so z.B. eine Stoffaufbereitung, eine Papiermaschine, Umroller, Kalander, Rollenschneider, Querschneider etc. Das Papier durchläuft als Warenbahn 8 wesentliche Teile der Anlage 1.

Die Anlage 1 weist für den Antrieb, die Stromversorgung und der Steuerung bzw. Regelung der verschiedenen Komponenten im Herstellungsprozess eine Vielzahl von Antriebskomponenten 11, Automatisierungskomponenten 12 und Energieversorgungskomponenten 13 auf.

Eine Vorrichtung 2 dient zur Ermittlung der Regelreserven in der Anlage 1. Die Vorrichtung 2 weist eine Erfassungseinheit 3, eine Auswerteeinheit 4 und eine Ausgabeeinheit 5 auf.

Die Erfassungseinheit 3 dient zur Erfassung von Prozessgrößen P1...P10 des Papierherstellungsprozesses auf der Anlage 1. Dabei kann es sich z.B. um Meßsignale handeln, die mit Hilfe von in der Anlage 1 bereits vorhandenen und/oder vorzusehenden Signalgebern erfasste werden.

Die Prozessgrößen können aus verschiedensten Quellen des Prozesses stammen und in beliebiger, auch unterschiedlicher Form, z.B. analog, binär, numerisch und/oder als veränderliche physikalische Größe vorliegen. Die Auswerteeinheit 4 dient zur Bestimmung der Regelreserven in den Regelkreisen der Anlage 1. Mit Hilfe der Ausgabeeinheit 5 können die Regelreserven zur Anzeige gebracht werden. Ferner weist die Vorrichtung 2 eine Eingabeeinheit 7 zur Eingabe einer angestrebten Leistungserhöhung in der Anlage 1 auf.

In FIG 2 wird das erfindungsgemäße Verfahren anhand eines Ablaufdiagrammes erläutert. Das Verfahren wird vorteilhafterweise von einem Dienstleistungsanbieter durchgeführt, der

entsprechendes Know-How und technische Möglichkeiten zur Durchführung des Verfahrens aufweist.

- In einem ersten Schritt 31 werden - wie im Detail in FIG 3 erläutert - die für die Leistungsfähigkeit der Anlage relevanten Prozessgrößen ermittelt. In einem zweiten Schritt 32 werden diese Prozessgrößen unter wechselnden Betriebsbedingungen der Anlage erfasst und in einem dritten Schritt 33 eine geringste Regelreserve sämtlicher Regelkreise anhand der erfassten Prozessgrößen ermittelt. Diese Regelreserve kann zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit ohne nennenswerten Investitionsaufwand genutzt und durch deren Implementierung im Verfahrensschritt 39b das Verfahren beendet werden.
- Falls eine darüber hinaus gehende Leistungserhöhung in der Anlage gewünscht ist, kann in einem weiteren Verfahrensschritt 34 eine solche angestrebten Leistungserhöhung der Anlage definiert werden. In einem weiteren Verfahrensschritt 35 werden die für die angestrebte Leistungserhöhung notwendigen Regelreserven in den Regelkreisen der Anlage bestimmt und in einem weiteren Verfahrensschritt 36 die Regelkreise mit einer für die angestrebte Leistungserhöhung zu geringen Regelreserven ermittelt.
- Für die Regelkreise mit zu geringer Regelreserve können in einem weiteren Verfahrensschritt 37 technische und/oder technologisches Untersuchungen der Regelkreise durchgeführt und Maßnahmen zur Herstellung der jeweils benötigten Regelreserven durch Entlastung der jeweiligen Regelkreise und/oder durch Ersetzen von Komponenten in den jeweiligen Regelkreisen durch leistungsfähigere Komponenten erarbeitet werden. In einem weiteren Verfahrensschritt 38 kann für diese Maßnahmen eine technische und/oder betriebswirtschaftlichen Bewertung

erfolgen, auf Basis derer eine abschließende Implementierung der Maßnahmen im Verfahrensschritt 39a erfolgt.

Die Relevanz einer Prozeßgröße für die Leistungsfähigkeit einer Anlage kann gemäß FIG 3 dadurch auf einfache Weise festgestellt werden, dass die aus der technischen Mechanik bekannte Methode des "Freischneidens" angewandt wird. Hierzu wird eine Anlagenkomponente, d.h. ein bestimmtes Element einer Anlage oder Maschine, in der FIG 3 mit dem Bezugszeichen 6 versehen, von dem System isoliert, dessen Bestandteil es ist. Dies kann dadurch erreicht werden, dass sämtliche Verbindungen 21 bis 25 des Elementes 6 mit den Teilen 41 - 45 des Systems nacheinander gelöst und durch jeweils eine äquivalente Kraft oder einen physikalischen Effekt 51 - 55 ersetzt werden. Diese Kraft oder dieser Effekt kann gemessen werden und beschreibt die Wechselwirkung des Elementes 6 mit den Teilen 41 - 45 des Systems.

Beispiel für die Verbindungen 21 - 25 und Effekte eines bestimmten Elementes können z.B. sein

- Verbindungen zu einem Fundament, das zum einen das Gewicht des Elementes trägt, zum anderen aber auch Vibrationen von anderen Teilen des Systems an das Element überträgt,
- Antriebswellen, Zylinder oder ähnliche bewegliche Teile eines Elements, die mechanische Kräfte auf das Element oder seine Teile ausüben,
- Rohre oder Kabel für hydraulische, pneumatische oder elektrische Verbindungen zwischen dem Element und seiner Umgebung,
- dem Element von anderen Teilen der Maschine zugeführtes Material,
- Bedienhandlungen, die eine Änderung von Einstellungen oder sonstiger Eigenschaften des Elementes bewirken.

All diese äquivalenten Effekte können zu einer Beschränkung von Leistung, Drehmoment, Geschwindigkeit, Kraft etc. führen. Um z.B. eine Geschwindigkeitserhöhung in einer Anlage zu er-

möglichen, müssen all diese Effekte noch von ihren Grenzen entfernt sein um eine Regelung zu ermöglichen.

Mit Hilfe von FIG 4 und FIG 5 soll eine vorteilhafte Vorgehensweise zur Bestimmung der Regelreserve bei einem Elektromotor zum Antrieb einer Papiermaschine der Anlage 1 gemäß FIG 1 erläutert werden. Das Verfahren ist grundsätzlich auch auf andere Regelkreise der Maschine (z.B. Dampf, Vakuum, Beschichtung) anwendbar.

10

Bei einer bestimmten Geschwindigkeit v der Maschine liegt eine bestimmte Last (Drehmoment) M am Elektromotor vor. Dieser Betriebspunkt definiert eine bestimmte Klasse K in der in FIG 4 dargestellten Geschwindigkeits/Last-Ebene v/M . Für jede Klasse K wird die Zeit (Verweildauer) T gezählt, in der der Motor in dieser Klasse betrieben wird und in einer Ebene senkrecht zur v/M -Ebene dargestellt. Es können somit die Klassen K mit den längsten Verweildauern ermittelt werden. Diese können anschließend angenähert durch einen linearen Zusammenhang zwischen Last M und Maschinengeschwindigkeit v beschrieben und durch eine Gerade G dargestellt werden.

Das Diagramm der FIG 5 zeigt über der Geschwindigkeit v der Maschine das Drehmoment M des Motors, wobei diese beiden Parameter durch einen linearen Zusammenhang gemäß FIG 4, dargestellt durch die Gerade G , angenähert sind. Bei einem drehzahlgeregelten Antrieb ist die maximale Leistung eines Motors oder Umrichters (je nachdem, welche geringer ist) ein hyperbolische Kurve HK in der Geschwindigkeits/Last-Ebene v/M . Der Abstand RV dieser hyperbolischen Kurve HK zu der Gerade G ist ein Maß für die Regelreserve und somit für die maximal mögliche Geschwindigkeitserhöhung.

Im Fall der Bestimmung der Regelreserve z.B. bezüglich der Positionierung eines Vakuum- oder Dampf- Steuerventils, Geschwindigkeit und Last eines Hilfsantriebs, von Flüssigkeitsströme etc. kann die Maschinengeschwindigkeit statt über der

Last auch über der Position des Ventils, der Geschwindigkeit des Hilfsantriebs oder dem Flüssigkeitsstrom aufgetragen, die Verweildauer bestimmt und der angenähert lineare Zusammenhang mit der Geschwindigkeit v bestimmt werden.

5

Die im Fall einer Anlage mit einem kontinuierlichen Produktionsprozeß, z.B. einer Anlage zur Papierherstellung, zu betrachtenden Prozesse sind in der Regel nicht sehr dynamisch.

10 Die dynamischen Anteile in den Prozeßgrößen sind sogar für die Bestimmung der Regelreserven nicht in erster Linie interessant. Von größerem Interesse ist vielmehr das durchschnittlichen Langzeitverhalten der Prozeßgrößen. Die Prozeßgrößen werden deshalb bevorzugt gefiltert (ca. 2 s) und nur ca. alle 5s abgetastet.

15

Bevorzugt wird eine online-Auswertung der erfassten Daten mit anschließender Datenkompression für eine nachfolgende offline Auswertung der erfassten Daten durchgeführt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit einer Anlage

(1) zur Ausführung eines industriellen Prozesses mit folgen-

5 den Schritten:

- Ermitteln der für die Leistungsfähigkeit der Anlage (1) re-

levanten Prozessgrößen ($P_1 \dots P_{10}$),

- Erfassen der Prozessgrößen ($P_1 \dots P_{10}$) unter wechselnden
Betriebsbedingungen der Anlage,

10 - Bestimmen einer geringsten Regelreserve sämtlicher Regel-
kreise anhand der erfassten Prozessgrößen ($P_1 \dots P_{10}$).

2. Verfahren nach Anspruch 1 mit den weiteren Schritten

- Definieren einer angestrebten Leistungserhöhung der Anlage,

15 - Bestimmen der für die angestrebte Leistungserhöhung notwen-
digen Regelreserven in den Regelkreisen der Anlage,

- Ermitteln der Regelkreise mit einer für die angestrebte
Leistungserhöhung zu geringen Regelreserve.

20 3. Verfahren nach Anspruch 2 mit den weiteren Schritten

- technisches und/oder technologisches Untersuchen der Regel-
kreise mit zu geringer Regelreserve und

- Erarbeiten von Maßnahmen zur Herstellung der jeweiliig benö-
tigten Regelreserven durch Entlastung der jeweiligen Regel-

25 kreise und/oder durch Ersetzen von Komponenten in den jewei-
lichen Regelkreisen durch leistungsfähigere Komponenten.

4. Verfahren nach Anspruch 3 mit dem weiteren Schritt

- Durchführen einer technischen und/oder betriebswirtschaft-

30 lichen Bewertung der Maßnahmen

11

5. Verfahren nach Anspruch 1

wobei die Relevanz einer Prozeßgröße für die Leistungsfähigkeit der Anlage (1) dadurch ermittelt wird, dass die durch die Prozeßgröße repräsentierte Anlagenkomponente (6) von der Anlage getrennt und durch eine äquivalente Kraft oder einen äquivalenten physikalischen Effekt ersetzt wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche

wobei es sich bei der Anlage (1) um eine Anlage zur Ausführung eines kontinuierlichen Prozesses, insbesondere eines Prozesses zur Herstellung von durchlaufenden Warenbahnen (8), z.B. Papier, Textilien, Kunststoff- oder Metallfolien, handelt.

15 7. Verfahren nach Anspruch 6

wobei die Leistungsfähigkeit der Anlage durch die Geschwindigkeit der Warenbahn (8) bestimmt wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche

20 wobei das Verfahren durch ein Dienstleistungsunternehmen durchgeführt wird.

**Bezugszeichenliste**

- 1 Anlage zur Papierherstellung
- 2 Vorrichtung
- 3 Erfassungseinheit
- 4 Auswerteeinheit
- 5 Ausgabeeinheit
- 6 Anlagenkomponente
- 8 Warenbahn (Papier)
- 11 Antriebskomponenten
- 12 Automatisierungskomponente
- 13 Energieversorgungskomponente
- 21 - 25 Verbindung
- 31 - 38 Verfahrensschritt
- 39a,b Verfahrensschritt
- 41 - 45 Systemteil
- 51 - 55 Äquivalente Kraft oder physikalischer Effekt
- P1...P10 Prozeßgröße
- v Geschwindigkeit
- M Last/Moment
- v/M Geschwindigkeit/Last-Ebene
- HK Hyperbolische Kurve der max. Leistung eines Motors
- G Gerade
- RV Regelreserveabstand
- K Klasse
- T Verweildauer



Zusammenfassung

Verfahren zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit einer Anlage
zur Ausführung eines industriellen Prozesses

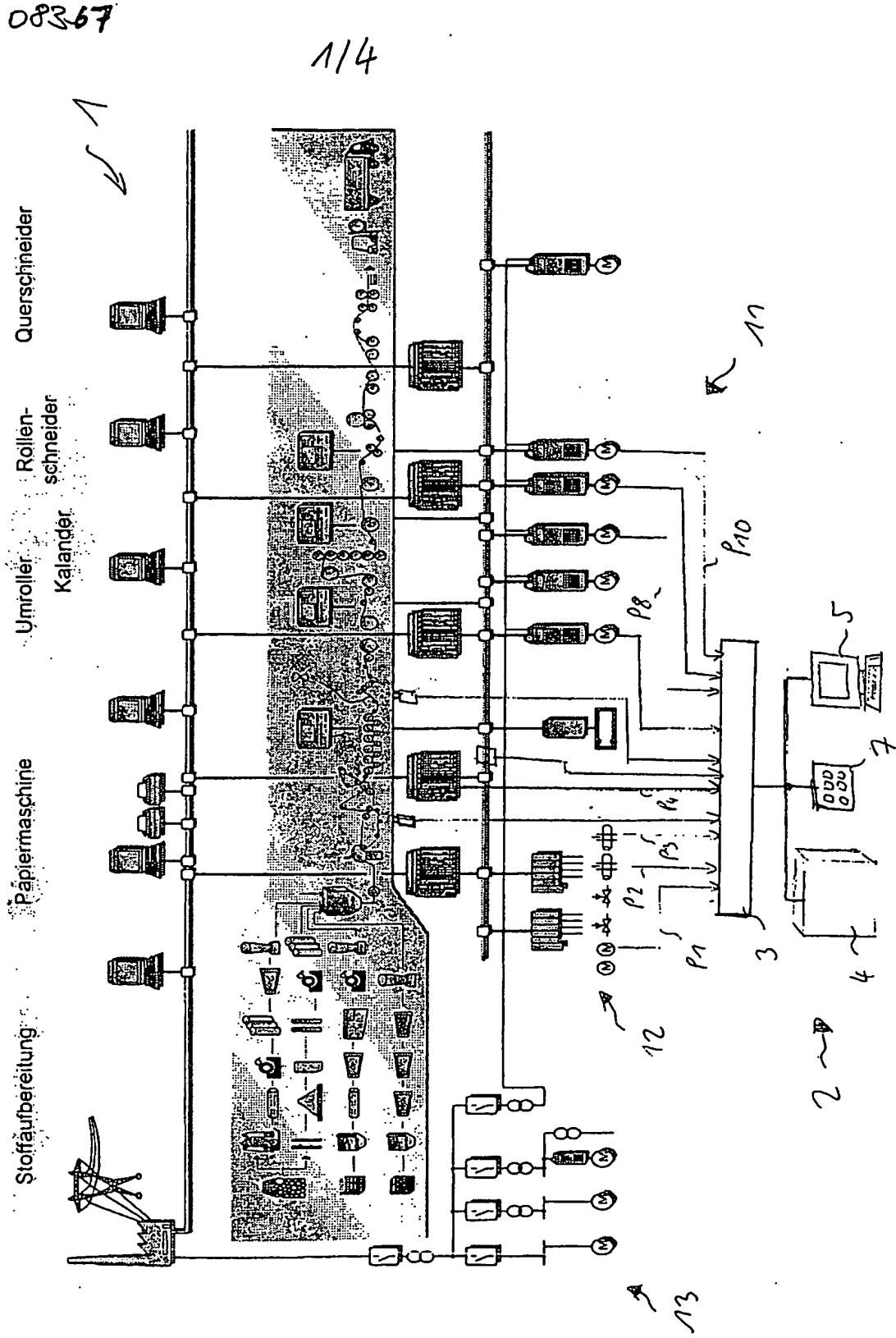
5

Eine wirtschaftliche und nachhaltige Erhöhung der Leistungsfähigkeit einer Anlage (1) zur Ausführung eines industriellen Prozesses ist erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit folgenden Schritte möglich:

- 10 - Ermitteln der für die Leistungsfähigkeit der Anlage (1) relevanten Prozessgrößen ($P_1 \dots P_{10}$),
 - Erfassen der Prozessgrößen ($P_1 \dots P_{10}$) unter wechselnden Betriebsbedingungen der Anlage,
 - Bestimmen einer geringsten Regelreserve sämtlicher Regel-
- 15 kreise anhand der erfassten Prozessgrößen ($P_1 \dots P_{10}$).

FIG 2

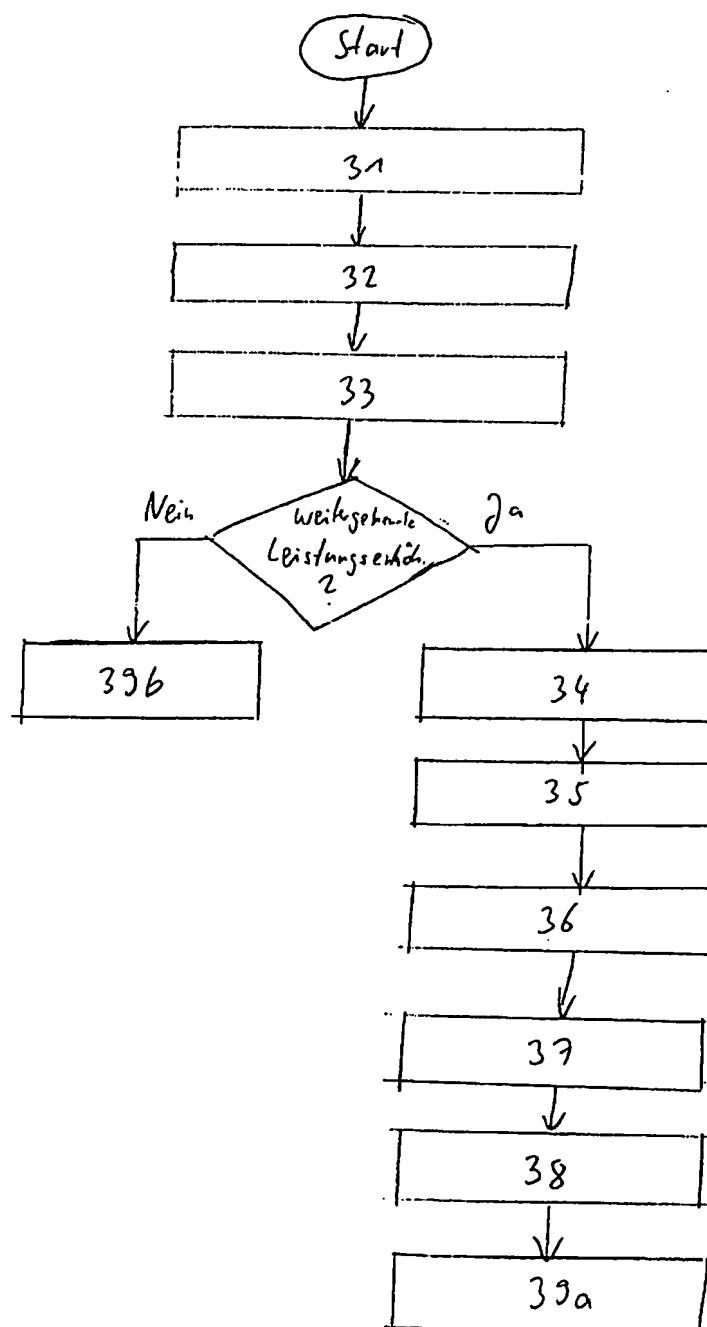
Fig. 1



200308367

214

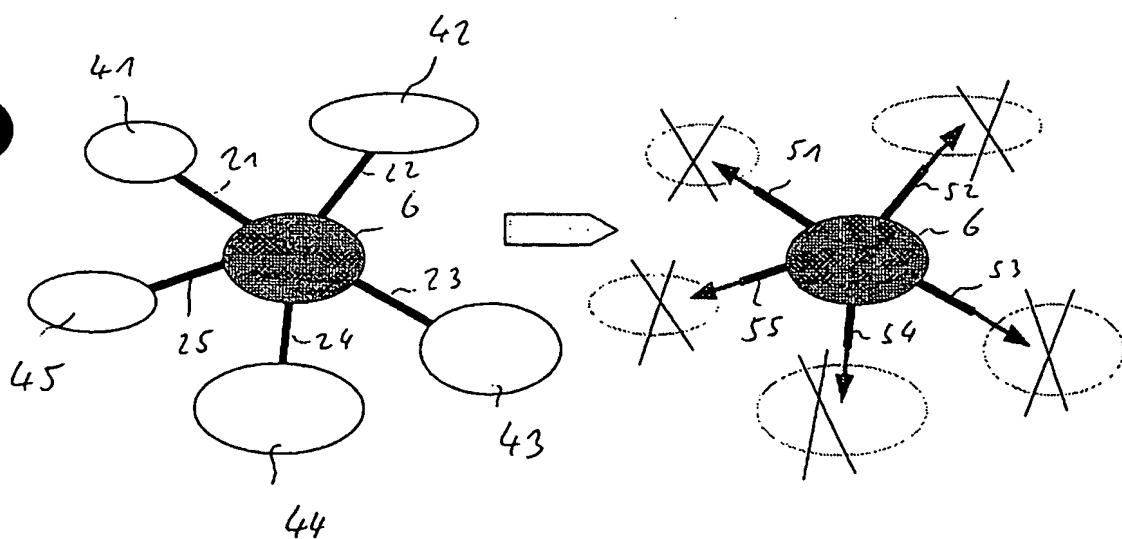
Fig. 2



2003 08367

314

Fig. 3



200308367

414

Fig. 4

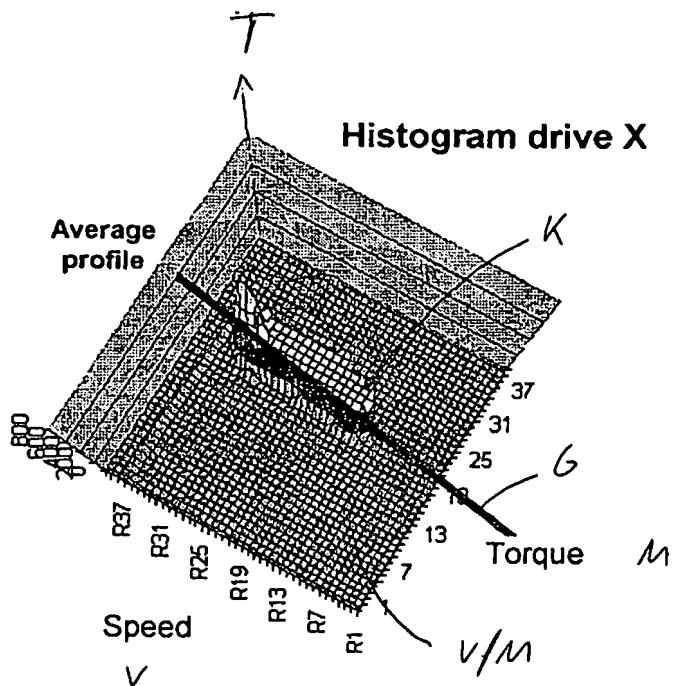


Fig. 5

